

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS DE MINAS

Titulación: **INGENIERÍA TÉCNICA DE MINAS**, especialidad en
explosivos, combustibles y recursos energéticos.

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE MATERIALES

**PROYECTO DE OPTIMIZACIÓN
DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN EN UNA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE ÁRIDOS**

Autorizo la presentación del proyecto

**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN EN PLANTA
DE TRATAMIENTO DE ÁRIDOS**

Realizado por

Ángel Rubio Díaz

Dirigido por

Dulce Gómez-Limón Galindo

Y

Ángel García de la Cal

ÁRIDOS TRUSAN S.L

Firmado: **Prof. Dulce Gómez-Limón Galindo**

Fecha: 5 de Julio de 2012

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS.....	II
ÍNDICE DE TABLAS.....	III
RESUMEN Y ABSTRACT.....	IV
 DOCUMENTO I: MEMORIA.....	 1
1. OBJETIVOS Y ALCANCE.....	2
2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA.....	3
3. OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN.....	5
3.1. DESCRIPCIÓN DEL MOLINO IMPACTOR Y ACCIONES.....	6
3.2. ÚTILES DE DESGASTE Y SU MANTENIMIENTO.....	10
3.3. PROCESO DE CAMBIO DE BARRAS.....	15
4. ESTUDIO SOBRE EL DESGASTE DEL ACERO.....	19
5. CÁLCULOS DEL DESGASTE DE ACERO.....	24
6. BIBLIOGRAFÍA.....	26
 DOCUMENTO II: ESTUDIO ECONÓMICO.....	 27
 DOCUMENTO III: PLIEGO DE CONDICIONES.....	 35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Vista aérea de la explotación e instalaciones	2
Figura 2. Delimitación de la finca "La Pelaya"	3
Figura 3. Descripción geológica de la zona de explotación.....	4
Figura 4. Diagrama de la planta.....	6
Figura 5. Molino de impactor de eje horizontal.....	8
Figura 6. Barras batidoras.....	9
Figura 7. Molino impactor abierto.....	12
Figura 8. Eje rotor horizontal del molino impactor.....	13
Figura 9. Barra batidora d perfil (Vista de canales).....	14
Figura 10. Barra batidora nueva colocada en el rotor.....	15
Figura 11. Barra batidora colocada tras la primera vuelta.....	16
Figura 12. Barra batidora colocada tras la segunda vuelta.....	16
Figura 13. Barra batidora colocada tras la tercera vuelta.....	17
Figura 14. Barra batidora colocada tras la cuarta vuelta.....	17
Figura 15. Mínima distancia a mantener para el cambio de posición de las barras.....	18
Figura 16. Placa de impacto rota.....	21

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Posición de los vértices de la finca (zona de explotación).....	3
Tabla 2. Características del molino impactor de eje horizontal.....	8
Tabla 3. Control del molino impactor (primer lado).....	10
Tabla 4. Control del molino impactor (segundo lado).....	20
Tabla 5. Control del molino impactor (tercer y cuarto lado).....	22

RESUMEN

El objetivo del proyecto ha sido la optimización de una planta de tratamiento de áridos de la empresa ÁRIDOS TRUSAN S.L, situada en las terrazas del río Jarama.

Los dos principales problemas que presentaba la empresa fueron los siguientes: El brusco descenso de la demanda, debido al parón que se ha producido en el sector de la construcción, los cantos rodados de tamaños excesivamente grandes, presentes en la materia prima a procesar, así como la alta proporción de finos.

El proyecto se ha centrado en la incorporación de nuevos productos, con la instalación de diversas máquinas y variaciones en los procesos de producción, con el fin de aprovechar al máximo la materia prima; también se ha considerado la eliminación de finos a la entrada del molino de impactos con el fin de disminuir así el desgaste que estos provocan en los elementos de desgaste del molino (acero).

Se han incorporado nuevas etapas al proceso de producción como son: Triturar los bolos más grandes para poder introducir estos al molino de impactos y el lavado de la materia prima mediante noria e hidrociclón para evitar así la excesiva presencia de finos.

ABSTRACT

The aim of the project was improving the production process of an aggregates treatment plant of the company ÁRIDOS TRUSAN S.L, placed near the river Jarama.

The two main problems of the company were: The sudden decrease of the demand due to the construction bad situation and also the non-desired elements in the raw material.

The project has been focused in adding new products to the production process, with the installation of new machines and variations on the processes of production, in order to take the maximum advantage of the raw material. It is also focused in the capture of those thinner particles than may cause an excessive mistreatment on the steel.

New stages have added to the production process such as: Crushing of the biggest pieces to be able to introduce them into the crusher and washing of the raw material by the treadmill and hydrocyclon to avoid by this way the excess of fine particles.

**PROYECTO DE OPTIMIZACIÓN
DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN EN UNA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE ÁRIDOS**

DOCUMENTO N° 1: MEMORIA

1 OBJETIVOS Y ALCANCE

El presente proyecto se realiza con el objetivo de suavizar la mala situación que atraviesa el sector de los áridos en cuanto a ventas se refiere; las empresas ven sus beneficios caer, por lo que es muy importante optimizar el proceso de producción y adaptar las instalaciones para abarcar el mayor rango posible de clientes, basándose en una gran variedad de productos generados.

La empresa para la que vamos a realizar el proyecto es ÁRIDOS TRUSAN S.L. Esta empresa está situada en las proximidades del río Jarama, por lo que la materia prima es básicamente zahorra natural de la cual se obtienen arenas y gravas.

Uno de los objetivos de este proyecto es el de modificar el proceso de producción y la disposición de la planta para satisfacer a una empresa de asfaltos que se ha instalado en la misma finca "La Pelaya".

Esta empresa demanda por contrato 10000 toneladas de los siguientes productos, para comenzar con la producción de asfaltos:

- Polvo 0/6
- Triturados: 6/12, 12/20, 18/25 y 20/32

La planta en cuestión tiene varios aspectos a variar, para los cuales se realiza este proyecto. Hay distintas acciones a realizar para alcanzar el nivel de producción necesario y cumplir así con la demanda de los nuevos clientes. El objetivo, por supuesto, es el de obtener el mayor beneficio económico para la empresa, pero siempre cumpliendo con las necesidades de los clientes.

- Cambio de paños de criba para la obtención de nuevos productos.
- Aprovechamiento de los bolos de excesivo tamaño para triturados.
- Estudio de los elementos de desgaste del molino impactor de eje horizontal.
- Ensayos del producto para comprobar que cumple con la Norma UNE

Estas acciones se irán desarrollando a lo largo de este documento.

Este proyecto, se realiza cumpliendo todas las normas legales, elaborando un plan de restauración del suelo explotado y estudio de impacto ambiental para asegurar la estabilidad de los recursos biológicos e hídricos.

2 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA

La zona de explotación corresponde a la finca "La Pelaya", situada en la término municipal de Algete (Madrid).

En la figura 1 podemos observar las instalaciones y su localización.



Figura 1: Vista aérea de la explotación e instalaciones

La situación geográfica de la planta es la siguiente:

Latitud: $40^{\circ} 35' 44.29''$ N

Longitud: $3^{\circ} 32' 58.11''$ W

Cota: 625 metros sobre el nivel del mar

Cómo se puede ver en la imagen anterior, la planta está colocada cerca de un polígono industrial, lo que facilita el acceso de camiones y maquinaria (grúas, palas excavadoras, etc.) a la zona de explotación.

También favorece la proximidad de puntos de agua y luz para abastecer a la planta.

La zona de la explotación ocupa una extensión de 144 Ha y la localización de sus vértices es la que se muestra en la tabla 2-1. La correspondencia de cada vértice se puede comprobar en la figura 2-2.

Tabla 1: Posición de los vértices de la finca (zona de explotación)

VÉRTICES	LONGITUD OESTE	LATITUD NORTE
1	3°33'34.26''	40°35'40.73''
2	3°33'03.49''	40°36'14.81''
3	3°32'34.99''	40°36'05.26''
4	3°32'23.75''	40°35'56.42''
5	3°32'30.90''	40°35'48.36''
6	3°33'21.97''	40°35'34.44''



Figura 1: Delimitación de la finca "La Pelaya"

La gravera se encuentra relativamente apartada de núcleos de población, como se puede observar en la figura 1-2, la finca delimita con una urbanización, pero la explotación no llega a los límites de la finca, se limita a las zonas más próximas a la planta de tratamiento. A continuación se incluye un listado con las distancias a las distintas poblaciones y urbanizaciones:

- Urbanización Prado Norte: 900 m
- Urbanización Fuente del Fresno: 2,23 km
- Algete: 3,8 km

- Fuente el Saz del Jarama: 4,6 km
- San Sebastián de los reyes: 7,5 km

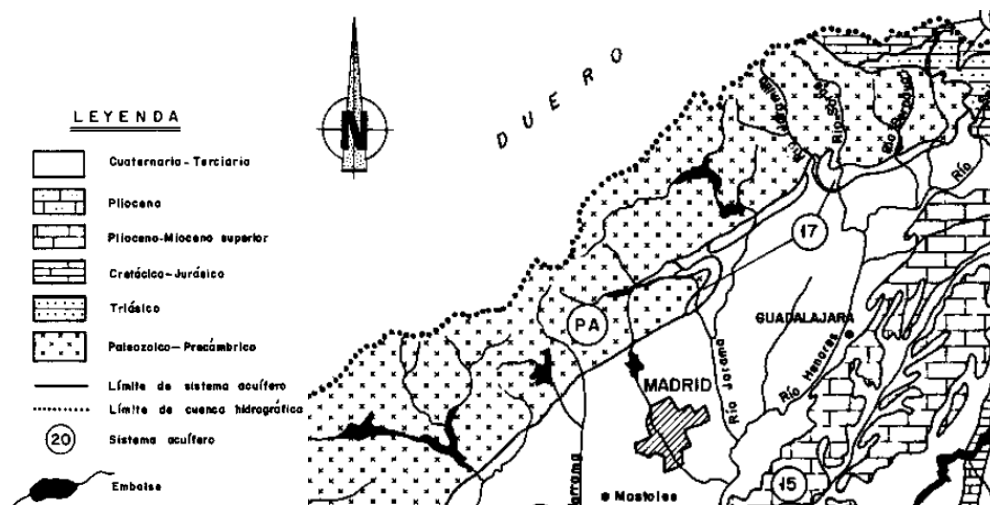


Figura 3: Descripción geológica de la zona de explotación.

El terreno de esta finca tiene origen aluvial; materiales pliocuaternarios (arcillas, limos, arenas y gravas)

La precipitación en la cuenca presenta marcados contrastes. En el borde noroccidental se sobrepasan frecuentemente 1000 mm/año, con máximas de hasta 1700 mm/año, en lugares como las cabeceras del Tiétar, Alberche, Jerte y Arrago.

En el borde nororiental estos valores descienden a 1100 mm/año, como por ejemplo en la cabecera del Guadarrama. Sorbe y Guadiela (extremo oriental de la cuenca), manteniéndose en general en las zonas llanas por debajo de 600 mm/año, con valores mínimos del orden de 400 mm/año predominantes en el sector central de la cuenca (zona de Toledo-Sur de Madrid-Oeste de la Sierra de Altomira) en su límite con la cuenca del Guadiana.

La temperatura media anual se sitúa en torno a 14-16 °C en las zonas llanas en las que se asientan los principales acuíferos de la zona.

3 OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN

En primer lugar debemos conocer los mayores problemas con los que se encuentra la empresa y que modificaciones se hacen para intentar optimizar el proceso.

Actualmente la empresa subcontrata la extracción de la zahorra, que es llevada por la misma empresa hasta la planta de procesado, donde esta sufre un proceso de clasificación y lavado.

El primer problema lo encontramos en las excesivas dimensiones de parte de los bolos encontrados en la extracción. Una vez la pala va a descargar en planta, la tolva principal tiene rejillas con aberturas de 0,40 m, evitando así que los objetos superiores a esos tamaños entren en la planta.

Todo este rechazo supone hacer trabajar a la pala excavadora, que tiene que recoger toda la roca de tamaño inadecuado y devolverla a la zona de extracción, mientras que, al ser una zahorra con alto porcentaje de arenas y muy poca piedra, lo más rentable sería triturar esa roca y poder obtener así otros productos.

Para este objetivo se decide subcontratar una machacadora que triture el material sobredimensionado y así poder introducirlo en la tolva que alimenta directamente al molino impactor de eje horizontal

Para procesar este material la empresa posee las siguientes trituradoras:

- Molino de impactos de eje horizontal HAZEMAG APKE 55.
- Cono triturador SANDVIK H3600.

A continuación se detallarán las características de ambas máquinas y el estudio realizado sobre la producción de estas, también con el objetivo de optimizar su rendimiento

En la figura 4 nos centramos únicamente en la parte de la planta relacionada con la trituración, es decir, no se incluyen tolva principal y zonas de lavado (trommel lavador, hidrociclón, noria, balsa de lodos).

En la figura 4 podemos ver varios elementos resaltados, comenzando por el 1, que es la tolva donde se realiza la descarga de la pala excavadora en planta. Esta alimenta al molino impactor de eje horizontal (2) con el material triturado, proveniente de los bolos sobre medidos presentes en la zahorra.

El material triturado por el molino impactor se dirige a la criba 4, donde se separa en polvo y triturados, el polvo 0-6 se acopia directamente a la salida de la criba, y los triturados se dirigen a la criba 5 para ser separados en 6-12 y 12-20, pero antes de llegar al cribador, hay un paño más que separa previamente el 18-25 ó 20-32, ya que ambos productos se obtienen por la misma cinta, según el paño que haya colocado

El rechazo del molino impactor se dirige a la tolva 7, donde se encuentra la cinta transportadora que retorna este rechazo al cono triturador (3). El material triturado por el cono SANDVIK se junta al triturado por el impactor HAZEMAG, siguiendo ya el mismo camino hasta la criba 4.

A continuación nos centraremos en la descripción de las máquinas que van a realizar la operación de triturado, para la obtención de 10.000 toneladas de producto.

Comenzaremos con la descripción de la trituradora de impactos HAZEMAG APKE 55:

Es un molino de impactos APKE 55 que está compuesto por un total de 8 barras batidoras (8 BB= 1 juego de BB) colocadas de dos en dos, una a continuación de la otra, paralelas al eje rotor. También se compone de 12 placas de impacto, contra las que se romperá el material impulsado por las barras batidoras; y por último posee revestimientos para proteger la máquina en aquellas zonas no protegidas por las placas de impacto.

Tabla 2: Características de molino impactor

<u><i>Características</i></u>
P= 132 KW
U= 400/690 V
f= 50 Hz
I= 228/131 A
ω= 1490 rpm



Figura 5: Molino de impactos

Se estudiará también el descenso de la producción según se van desgastando las barras, viendo así como aumenta la proporción de tamaños indeseados y va disminuyendo la del producto buscado inicialmente.

En este caso, el molino dispone de un retorno del material rechazado, con tamaños superiores al deseado, que suele establecerse en el 20% del total pero que va aumentando según se van desgastando las barras batidoras.

Otro objetivo será el de evaluar como varía el consumo de acero y la producción según vamos aproximando las placas de impacto al eje debido al desgaste.

El punto de partida del estudio se hace coincidir con el intercambio de las barras batidoras por un nuevo juego, teniendo este juego de barras un peso inicial de 1136 kg. (8 barras batidoras x 142 kg/barra batidora).

Las barras utilizadas (figura 5) provienen de una fundición española (Guipúzcoa, País Vasco) y están compuestas de acero con un porcentaje de Cromo (Cr) del 27% y del 1% de Molibdeno (Mo).



Figura 6: Barras batidoras (gastadas a la izquierda y nuevas a la derecha)

La producción con el nuevo juego de barras comenzó el día 12 de Abril de 2012, para obtener el producto que se debe suministrar a la planta de asfaltos.

Se realizará el estudio del nuevo juego de barras, también para compararlo con el juego utilizado anteriormente, que poseía distinta composición. Las barras utilizadas anteriormente estaban compuestas por un 22% de Cr y un 0,5% de Mo, pero debido a la gran proporción de sobretamaños, se consideró que la nueva composición que se iba a utilizar sería la idónea.

Las nuevas barras se eligieron, en principio, por su composición, considerada la adecuada para las características de la materia prima en cuestión y por ser más baratas, intentando así obtener mayor rentabilidad para la empresa, abaratando la inversión inicial en el acero y buscando una mejor rendimiento de las barras.

En principio las aproximaciones de las placas de impacto no estaban muy claras, porque se necesitaba primero observar y ensayar el producto obtenido y comprobar si cumplía con las normas correspondientes. La aproximación de inicio era de 70 y 35 mm, placa superior e inferior, respectivamente.

Una vez obtenido el producto suficiente para realizar los ensayos se comprobó que el índice de lajas era alto, por lo que las medidas finales de las aproximaciones fueron de 70 mm en la placa superior y de 35 mm en la inferior.

Cuando comenzó la producción normal del molino se inició el estudio de su desgaste.

3.2. Útiles de desgaste y mantenimiento de estos

El primer indicador del desgaste de las barras era el consumo eléctrico, que se podía comprobar en los amperímetros colocados en la torre de control.

Como se podrá observar en la tabla adjunta en el anexo sobre el estudio realizado, el consumo normal con el lado nuevo de las barras estaba entorno al 64%, aplicando la potencia idónea para la obtención correcta del producto.

Según se iban desgastando las barras, el consumo eléctrico disminuye, debido a que el mayor espacio entre las barras batidoras y las placas de impacto permite más material escaparse entre ambas; es decir, aumenta el rechazo según se van desgastando las barras.

Este rechazo se lleva al cono triturador, por eso su trabajo máximo coincide con el de mayor desgaste de las barras batidoras, siendo prácticamente nulo, cuando las barras están nuevas.

El consumo mínimo durante el trabajo del primer lado de las barras batidoras fue del 45%, como se podrá observar en la siguiente tabla.

Tabla 3. Control del molino impactor (primer lado)

Fecha	Horómetro Inicial	Observaciones	Horómetro Final	Aproximación	Consumo eléctrico
12/04/2012	2672,4 h			Aproximación (70/35 mm)	143,6 A (63%)
		Barras nuevas			
			2680,4 h		
12/04/2012	2680,4 h	Desgaste aparente de la cara A		Aproximación (70/35 mm)	127,68 A (56%)
			2682 h		
13/04/2012	2682 h	Aproximación de las barras 5 mm		Aproximación (65/30 mm)	114 A (50%)
			2784 h		
13/04/2012	2784 h	Desgaste medio de la cara A		Aproximación (65/30 mm)	102,6 A (45%)
			2685,6 h		

Como se puede observar en la tabla 3, aproximadamente a las 10 horas de trabajo del molino se aproximan ambas placas de impacto 5 mm debido al notable descenso del consumo del motor eléctrico.

Esto produjo un notable aumento del desgaste, ya que en las 3 horas siguientes se tuvo que dar la primera vuelta a las barras.

Debido a este hecho no se volvieron a repetir esos valores de aproximación.

Como se ha podido comprobar en la tabla 3, el primer lado de las barras batidoras ha durado, exactamente 13,2 horas.

Tras el desgaste del primer lado, se deberá proceder a dar la primera vuelta de las barras batidoras.

Las operaciones de mantenimiento de los aparatos de trituración se deben tener muy en cuenta a la hora de calcular la rentabilidad del acero y de la producción del molino; debido a que el tiempo que se emplea al mantenimiento de las máquinas es tiempo que estas están paradas, es decir, no están produciendo.

La duración de los cambios puede ser variable según la pericia de los operarios y de la situación de las barras, ya que se pueden producir atascos entre las barras y el eje rotor debido a acumulaciones indeseadas de arenas o un posible desplazamiento lateral.

Los tiempos normales para el cambio de barras son los siguientes:

- 1ª Vuelta: 30 minutos.
- 2ª Vuelta: 30 minutos
- 3ª Vuelta: 30 minutos
- 4ª Vuelta: 45 minutos (suplementar tacón)
- Reposición de barras nuevas: 1,5 a 2 horas.

Los operarios se ayudarán de un polipasto, normalmente instalado en la misma estructura en la que se ancla el molino, para conseguir desplazar las barras fuera del eje y sacarlas del molino para poder darlas la vuelta o sustituirlas por otras.

En la figura 6 que se muestra a continuación se podrá observar cómo está colocado ese polipasto, en nuestro caso, y otras partes de interés en el molino, que se enumerarán más adelante.

En la imagen, también se podrá observar el hueco que dejan los revestimientos laterales del molino, ya que se estaban reemplazando en ese momento. Estos se colocan de dentro hacia fuera de la máquina, colocando un pasador en la parte que queda en el exterior, quedando estos revestimientos inmóviles.

A continuación enumeraremos las partes marcadas en la figura 7:

1. Polipasto
2. Revestimientos laterales
3. Placa de impacto superior
4. Placa de impacto inferior
5. Sistema hidráulico para aproximación de las placas de impacto
6. Pasadores de cierre de la máquina
7. Revestimientos laterales (Vista exterior con pasadores de cierre)
8. Conducto de alimentación

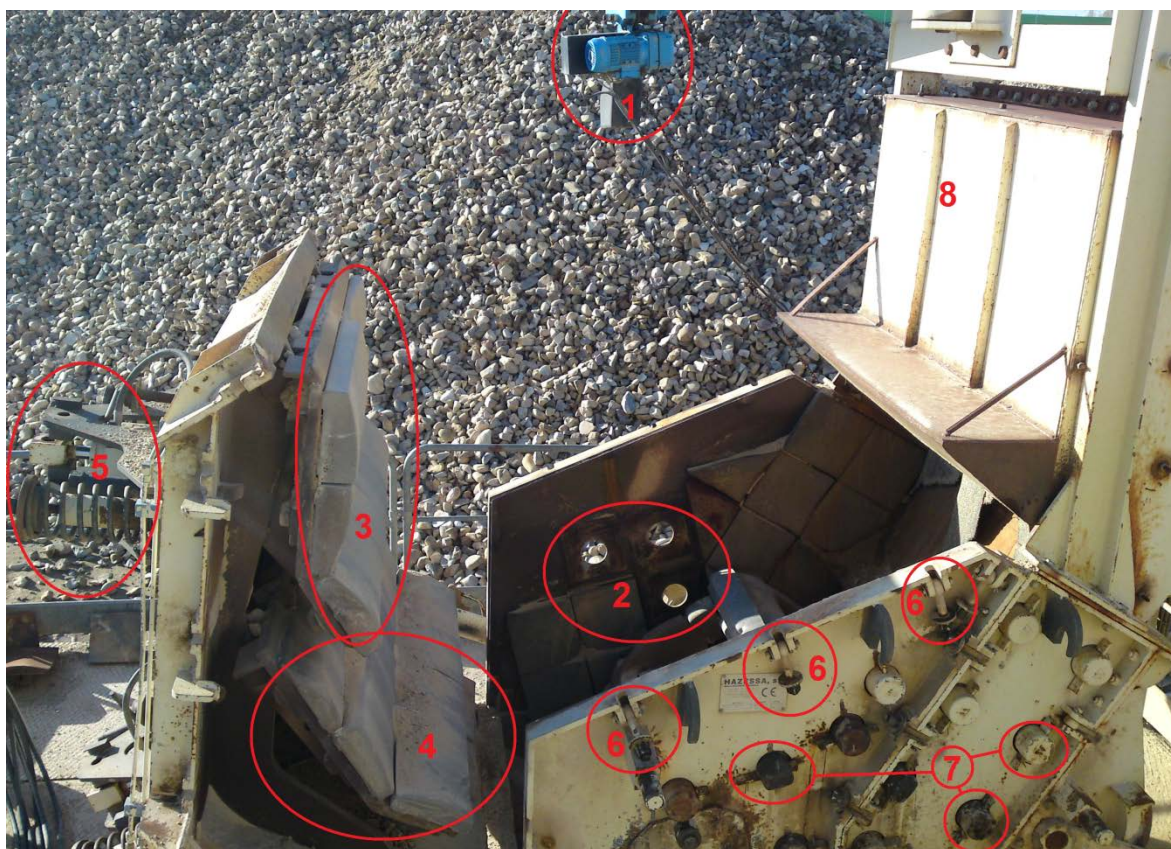


Figura 7: Molino impactor abierto

En la figura 8 se observará la colocación de las barras batidoras, medio gastadas, en el eje rotor, antes de proceder a su intercambio. Se enumerarán y señalarán los tacones, que son los soportes colocados entre las barras y el eje, que se pueden regular en altura, mediante adición de pletinas metálicas en su interior, para una óptima colocación de las barras; evitando así cualquier tipo de movimiento y por lo tanto averías o desgaste indeseado.

Ahora observaremos las barras batidoras montadas.

Estas se colocan en grupos de dos, en fila y paralelas al eje.

Los elementos destacados de la figura 7 son los siguientes:

1. Barras batidoras
2. Tacones
3. Eje rotor

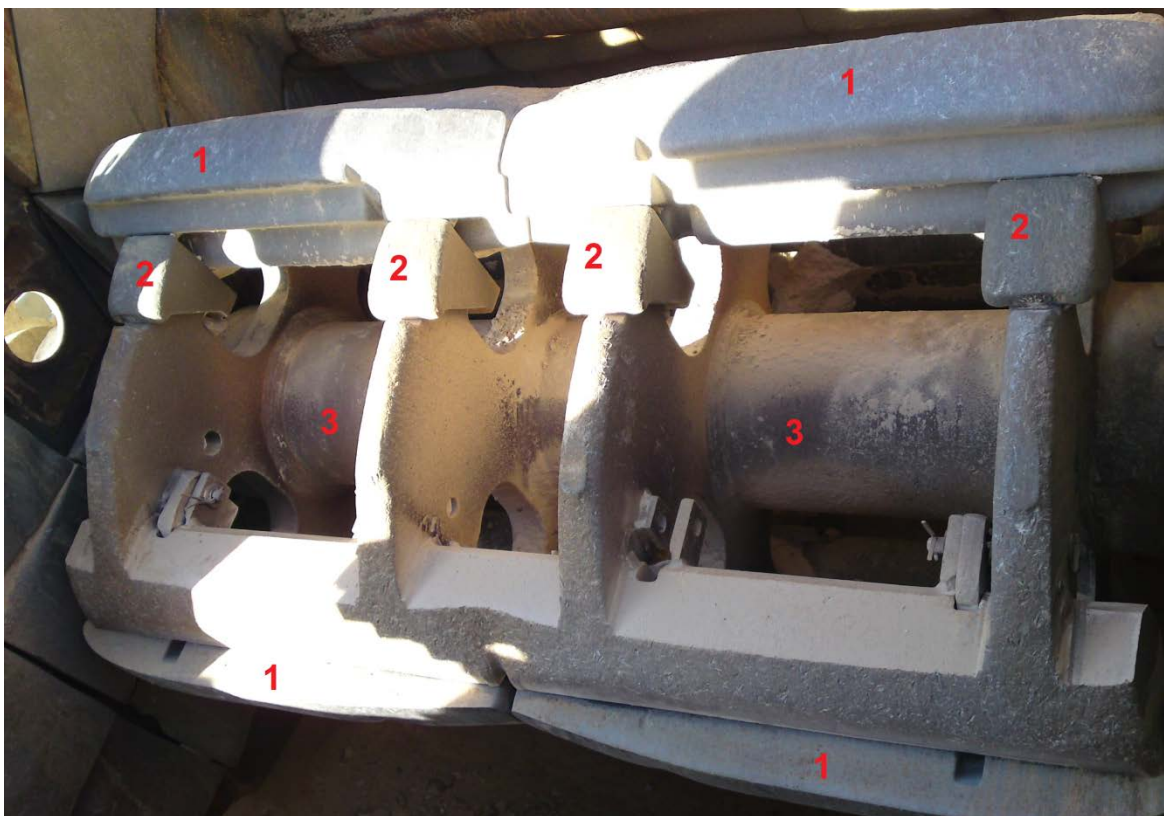


Figura 8. Eje rotor horizontal del molino impactor

Los tacones (número 2), cómo se ha explicado brevemente, se utilizan para ajustar las barras al soporte, para que se produzca el menor movimiento posible.

Estos tacones encajan en los canales que se les hace a las barras en la fundición, por lo que

se pueden desmontar del eje, introducirle o quitarle pletinas de su interior y así ajustar, con precisión milimétrica, barras y eje.

Los canales son también muy importantes, ya que si no están bien repasados pueden favorecer la formación de depósitos de polvo. Debido a que toda la barra debe arrastrar sobre estos canales, y en algunos casos tiene que ser arrastradas desde un extremo del eje hasta el otro para poder extraerlas del interior del molino, un atasco en estas guías puede suponer una gran pérdida de tiempo en la producción y se hace a los trabajadores realizar sobreesfuerzos, lo que hace disminuir la rentabilidad de la producción.

En la figura 9 podemos ver claramente las guías y la forma de una barra batidora nueva.



Figura 9: Barra batidora de perfil. Vista de las guías

Como podemos ver en la imagen, las barras tienen dos canales por un lado en forma de W y uno solo por el otro, justo en el centro de la barra.

Esta variedad de guía se usa para poder cambiar las barras de posición según estas se van desgastando.

3.3 Proceso de cambio de barras

El objetivo del cambio de posición de barras es el de conseguir que ambos lados se desgasten prácticamente al mismo ritmo, lo que supondría un aprovechamiento máximo de la barra.

El molino impactor tiene un visor para poder controlar el estado de las barras sin tener que abrir por completo la máquina. Esta pequeña entrada permite medir el espacio entre las barras y las placas de impacto, así podemos saber si es necesaria una aproximación de las placas de impacto o si hay que dar la vuelta a las barras.

Se busca aprovechar las barras hasta que hayan perdido aproximadamente un 35 % de su peso.

Para este aprovechamiento de las barras se debe realizar la siguiente secuencia de cambios:

- Barra batidora nueva, colocada en la posición inicial:

Como se puede observar en la figura 10, la barra se coloca apoyando con el canal central (3), el brazo del molino y el tacón sobre el raíl 2. El sentido de giro será horario, por lo que en este caso el lado que trabajará será la zona que hay por debajo del canal central (3).

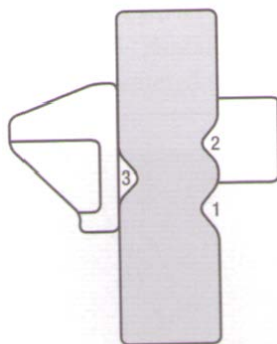


Figura 10: Barra batidora nueva colocada

- Barra batidora antes del primer cambio de posición:

Tras el fin del trabajo de la barra por su primer lado, se debe proceder al cambio de posición de esta. En la figura 11 se puede observar cómo debe quedar la barra de desgastada. Una vez llegado a este desgaste se debe intentar desgastar la barra de la misma manera por su lado opuesto.

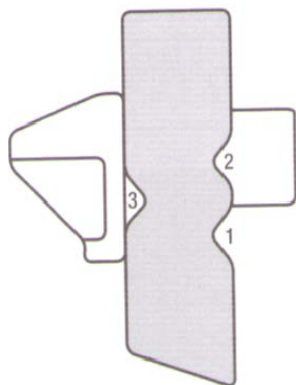


Figura 11: Barra batidora colocada tras la 1ª vuelta

- Barra batidora colocada tras la segunda vuelta:

En la imagen 12, vemos cómo quedaría la barra, desgastada por igual tras el trabajo de los dos primeros lados. En esta imagen está ya colocada en la tercera posición.

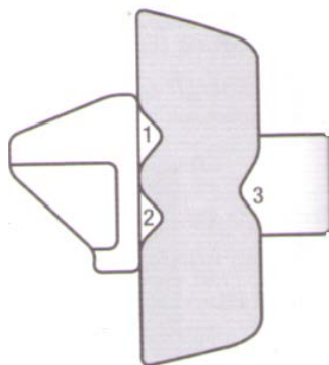


Figura 12: Barra batidora colocada tras la 2ª vuelta

- Barra batidora tras el trabajo del tercer lado:

Después del trabajo de la cara del raíl 3, se cambia para que se desgaste la otra cara, cómo se puede ver en la figura 13, hay peligro de tocar con el brazo rotor, si sobrepasamos el límite de desgaste, que se ve en la imagen debajo del canal 1, donde el desgaste de la barra llega hasta el principio del molino.

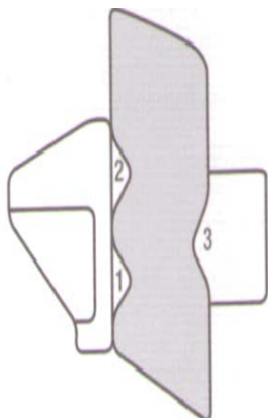


Figura 13: Barra batidora colocada tras la 3ª vuelta

- Barra batidora en la última posición:

En esta figura se ve la última posición a falta del desgaste de la última parte. La forma final que se va a obtener será la de las barras gastadas mostradas anteriormente en la figura 4.

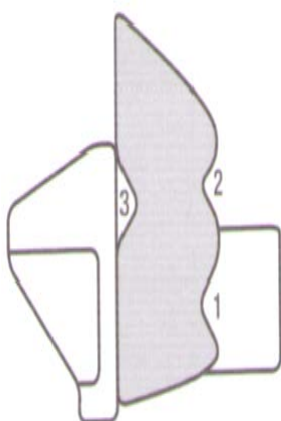


Figura 14: Barra batidora colocada tras la 4ª vuelta

El cambio de barras se realizará cuando el desgaste alcance los 2 cm (1 dedo) de distancia al borde del canal, como se puede observar en la figura 15.

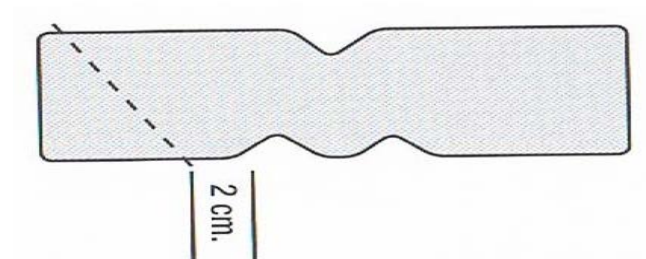


Figura 15: Desgaste máximo en un barra batidora

4 ESTUDIO DEL DESGASTE DEL ACERO

Una vez conocido el proceso del cambio de barras, podemos continuar con el estudio del desgaste.

Tras darle la primera vuelta a las barras, se volvieron a cambiar los valores de las aproximaciones, pero esta vez y debido al excesivo desgaste provocado con las últimas medidas utilizadas (65/30 mm), esta vez se colocaron a 70 mm la placa superior y 30 mm la inferior. Estos valores serán los definitivos para el resto del estudio. Tampoco se realizarán aproximaciones, ya que resultó más económico dejar que aumente el rechazo del molino de eje horizontal y que sea el cono el que triture este rechazo de tamaño indeseado. Esto es debido a que este rechazo apenas produce desgaste en el cono, debido al poco caudal y al ya pequeño tamaño del producto, mientras que como hemos visto, en el molino los valores de aproximación necesarios para triturar esos tamaños deshacen las barras batidoras.

Retomada la producción tras el cambio de lado de las barras, observamos que el consumo eléctrico vuelve a los valores tomados al inicio de la producción con barras nuevas. El consumo está en valores entorno al 65 % , un poco superiores al inicial, debido a que la placa inferior está 5 mm más cerca que antes.

Como podremos observar a continuación en la tabla 4, estos valores de aproximación aumentan algo el desgaste, pero producen el material del tamaño deseado, cumpliendo con los valores necesarios en los ensayos y no es necesario parar la producción para comprobar el desgaste de las barras, debido a que ya no se realizarán más aproximaciones.

Simplemente se comprobarán cuando el consumo disminuya notablemente, para asegurar que es necesario el cambio.

A continuación se incluye la tabla, del estudio del desgaste de las barras batidoras, correspondiente al trabajo del segundo lado.

Tabla 4: Control del molino impactor (segundo lado)

Fecha	Horómetro Inicial	Observaciones	Horómetro Final	Aproximación	Consumo eléctrico
16/04/2012	2685,6 h	1ª vuelta		Aproximación (70/30 mm)	148,2 A (65%)
			2691,4 h		
17/04/2012	2691,4 h	Desgaste de 2 cm en la cara B		Aproximación (70/30 mm)	132,24 A (58%)
			2695,7 h		
18/04/2012	2695,7 h	Desgaste de la cara B		Aproximación (70/30 mm)	118,56 A (52%)
			2697,03 h		

Como podemos observar, estos valores de aproximación han hecho que las barras duren tan solo 11,43 horas, pero no fue necesario parar para realizar aproximaciones y tampoco se produjo un excesivo descenso del consumo eléctrico, por lo que el rechazo también disminuyó bastante. Estos factores apoyaron la decisión de no volver a variar los valores de aproximación.

El mismo día 18 de Abril se procedió a dar la vuelta a las barras de nuevo.

Una vez abierto el molino se comprobó que era necesario también cambiar una placa de impacto que se había roto y el cambio de posición de alguna más.

Las placas de impacto y los revestimientos permiten más libertad de movimientos, es decir, si una placa o revestimiento se desgasta mucho más en su mitad superior que inferior, se la puede dar la vuelta cuando se considere oportuno, antes de que el lateral maltratado llegue a romperse, ya que en este caso la placa ya no valdrá para estar situada en el molino.

En el caso de los revestimientos, si se desgasta más un lado del molino que el otro, tampoco habrá problema en cambiarlos de lado, buscando el desgaste regular en todos ellos.

A continuación vemos la placa de impacto rota, que tendrá que ser sustituida por otra nueva.



Figura 16: Placa de impacto rota

Este tipo de roturas deben de intentar de evitarse por todos los medios, ya que el desprendimiento de grandes trozos de la placa puede ocasionar daños en el rotor o que lo produzca alguna piedra proyectada hacia la placa rota, impactando en la carcasa molino. También según el punto de vista económico, es bueno evitar estas roturas, ya que la placa queda totalmente inservible y debe cambiarse por una nueva. Aunque la rotura también puede ser fruto del excesivo desgaste, que debió evitarse mediante el cambio de posición o total sustitución de la pieza.

Durante el trabajo realizado por la tercera y cuarta cara de las barras, no fue necesario el intercambio de ninguna placa de impacto ni de ninguno de los revestimientos laterales. Esto supone que el único tiempo que paró la producción el molino fue para dar la última vuelta a las barras.

Como se dijo anteriormente los valores de las aproximaciones no se variaron, por lo que son de 70 y 30 mm, placa superior e inferior respectivamente.

Con estos datos de aproximaciones se puede comprobar en la tabla 5 que el consumo eléctrico es menor para el último lado que para los anteriores, obviamente porque el desgaste está ya muy avanzado y el rechazo es mucho mayor.

A continuación se incluye la tabla 5:

Tabla 5: Control del molino impactor (segundo lado)

Fecha	Horómetro Inicial	Observaciones	Horómetro Final	Aproximación	Consumo eléctrico
18/04/2012	2697,03 h	2ª vuelta		Aproximación (70/30 mm)	136,8 A (60%)
			2706,1 h		
19/04/2012	2706,1 h	Desgaste máximo de la cara B		Aproximación (70/30 mm)	109,44 A (48%)
			2709,3		
19/04/2012	2709,3	3ª vuelta		Aproximación (70/30 mm)	132,24 A (58%)
			2216,1		
23/04/2012	2722,9	Desgaste máximo de la cara A		Aproximación (70/30 mm)	109,44 A (48%)
			2727		

De la tabla anterior obtenemos las duraciones de los lados 3 y 4 de las barras (siendo el lado 3 la 2ª vuelta de la cara A y el lado 4 la 2ª vuelta de la cara B):

- Lado 3: 12,27 horas
- Lado 4: 17,7 horas

Observamos que el desgaste de la última cara fue más lento, debido a la gran cantidad de rechazo, por el estado de desgaste en el que se encuentra la barra. Esta es la última vuelta de las barras batidoras, por lo tanto el final de su uso, por lo que con los datos de un juego de barras se puede comenzar el estudio de la producción.

Del estudio del desgaste del acero relacionado con la producción obtenemos los siguientes resultados:

- Duración del primer juego de barras: 54,7 h
- Toneladas procesadas por un juego de barras: 5931 t
- Producción neta (T/h): 108 T/h

5 Cálculo del consumo de acero

Con los resultados obtenidos sabemos que el juego de barras ha triturado 5931 toneladas de material, obteniendo producto vendible.

Para obtener la relación de kilogramos de acero consumido por tonelada de producto procesada, tendremos que saber el peso final e inicial de la barra.

Sabemos que el peso inicial de la barra era de 146 kg/Ud. y tras trabajar durante 54,6 horas tiene un peso final de 50,9 kg, por lo que ha perdido una masa de 95,06 kg por cada barra batidora, lo que supone un total de 760,48 kg de acero consumido en el juego de barras batidoras (8 BB = 1 juego de BB).

También se debe tener en cuenta el desgaste de placas impactoras y del revestimiento.

Por lo tanto, si se gastaron 7 revestimientos y 2 placas impactoras durante el trabajo del primer juego de barras podemos decir que se consumió un total de 160 kg de acero entre ambas piezas.

Con estos datos ya podemos obtener la unidad de medida del desgaste de útiles, mediante la siguiente ecuación:

- Gramos gastados de útiles por tonelada tratada(gramos/Tonelada):

$$gr/T = \frac{\text{pérdida de peso en piezas}(gr)}{\text{Duración de piezas}(h) \times \text{caudal tratado}(T/h)}$$

$$gr/T = \frac{920480 \text{ gr}}{54,7 \text{ h} \times 108 \text{ T/h}} = 156 \text{ gr de acero/Tonelada producida}$$

También se debe tener en cuenta el tiempo empleado por los operarios en el mantenimiento de la máquina, agrupando este mantenimiento desde los cambios de barras y placas impactoras hasta el tiempo empleado en aproximar las placas de impacto o en cambio de paños de cribas.

Teniendo en cuenta este tiempo y relacionándolo con las horas de trabajo del molino de impactos podemos obtener el rendimiento de la planta.

Es decir, si el molino ha trabajado 54,7 horas durante 11 días hábiles, sabiendo que los operarios trabajan de 7 a.m. hasta las 7 p.m., parando una hora para la comida. Podemos ver que las horas de trabajo en la planta serían 88 horas útiles, de las que el molino ha trabajado 54,7. De aquí obtenemos el rendimiento de la planta:

$$\eta(\%) = \frac{54,7}{88} \times 100 = 62 \%$$

Por lo tanto, sabemos que el tiempo que el molino no ha estado triturando se ha debido exclusivamente a su mantenimiento, o el de otros elementos de la planta.

Conociendo que los operarios han empleado 33,3 horas podemos calcular los minutos de recambio por tonelada tratada:

- Minutos de recambio por tonelada tratada

$$\text{Minutos/Tonelada} = \frac{\text{nº de operarios} \times \text{tiempo trabajado por operario (m/operario)}}{\text{Duración de las piezas (h)} \times \text{caudal tratado (t/h)}}$$

$$\text{Minutos}/T = \frac{2 \times 33,3 \times 60}{54,7 \times 108} = 0,6 \frac{\text{minutos}}{\text{Tonelada}}$$

6 BIBLIOGRAFÍA

- Web de la comunidad de Madrid. <http://www.madrid.org/cartografia/>
- Web del Instituto Geológico y minero y Minero. IGME
http://aguas.igme.es/igme/publica/libro43/pdf/lib43/3_2.pdf
- García de la Cal, Ángel. Explotaciones de áridos: Optimización técnica y económica. FUEYO editores
- Web de la agencia estatal de meteorología. AEMET. www.aemet.es

**PROYECTO DE OPTIMIZACIÓN
DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN EN UNA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE ÁRIDOS**

DOCUMENTO N° 2: ESTUDIO ECONÓMICO

1 ESTUDIO ECONÓMICO Y PRESUPUESTO

Para este estudio la empresa disponía ya de las máquinas trituradoras, tolvas y maquinaria para el transporte y la carga de material, por lo que no fueron necesarias grandes inversiones, más que las de los elementos de desgaste.

El estudio del consumo de acero se ha realizado únicamente con un juego de barras, que ha producido 5931 toneladas de material vendible, pero cómo se ha dicho al inicio de la memoria, la empresa debe suministrar 10.000 toneladas, por lo que para este estudio económico se tomarán los datos para 2 juegos de barras.

De esta manera, se deberán tener en cuenta 2 juegos de barras batidoras, 6 placas de impacto, ya que el consumo normal es el de 3 placas de impacto por cada juego de barras batidoras y 14 revestimientos.

El material producido será transportado por el camión propiedad de la empresa hasta la planta vecina para utilizarla para materia prima para la fabricación de asfaltos, por lo que se tendrá en cuenta el desgaste de pala y camión y el trabajo de los operarios.

En el presupuesto, que se incluirá más adelante, se detallarán también los precios por tonelada del material vendido, según cada producto, para estudiar la rentabilidad de la actividad de la empresa.

En este capítulo se recoge el presupuesto de operación, que refleja precios unitarios, mediciones y presupuestos de los trabajos de mantenimiento realizados a las máquinas.

2 PRECIOS BASE

UNIDAD	CONCEPTO	EUROS
PERSONAL		
Horas	Palista	14
Horas	Basculista	14
Horas	Topógrafo	30
MAQUINARIA		
Horas	Camión volquete 25 t	40
Horas	Pala excavadora	108,96
SUBCONTRATAS		
Tonelada	Extracción	1,2
Unidad	Ensayos al producto	140
Tonelada	Machacadora de bolos	1,13
MATERIALES		
Unidad	Barras batidoras	400
Unidad	Placas de impacto	300
Unidad	Revestimientos del molino	100

3 PRECIOS UNITARIOS

3.1 PRECIOS DE MANO DE OBRA Y MAQUINARIA

UNIDAD	CANTIDAD	CONCEPTO	PRECIO	IMPORTE
1.01	176	Horas trabajadas por el palista durante el desarrollo de este estudio	14	2462
1.02	176	Horas trabajadas por el Basculista durante el desarrollo de este estudio	14	2462
1.03	4	Horas trabajadas por el topógrafo para medición de acopios	30	120
1.04	35	Horas trabajadas por el camión para transportas las 10.000 toneladas	40	1400
1.05	35	Horas trabajadas por la excavadora para la carga de las 10.000 toneladas en el camión	34	1190
TOTAL:				7.634 €

3.2 PRECIOS DE MATERIAL DE DESGASTE

UNIDAD	CANTIDAD	CONCEPTO	PRECIO	IMPORTE
2.01	16	Barras batidoras de acero (Cr=27%, Mo=1%)	420	6720
2.02	6	Placas de impacto de acero (Cr=27%)	295	1770
2.03	14	Revestimientos (Cr=13%)	99	1386
2.04	4	Paños de cribas para obtener los nuevos productos demandados	4.500	18.000
TOTAL:				27.876 €

3.3 PRECIOS DE LA EXTRACCIÓN Y ENSAYOS

UNIDAD	CANTIDAD	CONCEPTO	PRECIO	IMPORTE
3.01	10.000	Toneladas de material triturado por la machacadora subcontratada	1,13	11.300
3.02	10.000	Toneladas de materia prima extraídas por la subcontrata	1,2	12.000
3.03	8	Ensayos realizados al producto. Laboratorio externo	140	1120
TOTAL:				24.420 €

3.4 PRECIOS DE VENTA DE LOS PRODUCTOS

UNIDAD	CANTIDAD	CONCEPTO	PRECIO	IMPORTE
4.01	4.500	Polvo 0/6	6,45	29.025
4.02	1.500	Triturado 6/12	8,25	12.375
4.03	1.500	Triturado 12/20	8,05	12.075
4.04	1.000	Triturado 20/32	7,4	7.400
4.05	1.500	Triturado 18/25	7,7	11.550
TOTAL:				72.425 €

4 ESTUDIO DE LA RENTABILIDAD DEL PROYECTO

Con todos los datos obtenidos, en el presupuesto presentado anteriormente, podemos calcular la inversión que la empresa ha tenido que realizar para la producción del producto que demandaba el cliente.

Los costes totales que ha tenido que asumir la empresa son los siguientes:

PRECIOS DE MANO DE OBRA Y MAQUINARIA	COSTE:	7.634 €
PRECIOS DE MATERIAL DE DESGASTE	COSTE:	27.876 €
PRECIOS DE LA EXTRACCIÓN Y ENSAYOS	COSTE:	24.420 €
TOTAL: 59.930 €		

Por lo tanto, como vemos en la tabla anterior, a la empresa le ha costado 59.930 € producir 10.000 toneladas de producto vendible. Esto quiere decir, que a la empresa le cuesta 6 €, aproximadamente, fabricar una tonelada de producto.

Cómo vemos en la tabla de los precios de ventas, la empresa vende a una media de 7,24 €/tonelada.

Por lo tanto, como en el presupuesto se han tenido en cuenta tanto el desgaste de las máquinas como los sueldos de los trabajadores y subcontratas, ese margen de 1,25 €/Tonelada, es el beneficio neto de la empresa.

Luego, en esta venta de 10.000 toneladas la empresa ha obtenido un beneficio neto de 12.495 €, por lo que podemos. Debido a que un juego de barras ha producido 5.931 toneladas de producto en 54,7 horas y este estudio se ha realizado para dos juegos de barras y 110 horas de trabajo, tanto para máquinas como para empleados, el molino habrá producido un total de 11.862 toneladas. El presupuesto se ha realizado para estas 11.862 toneladas, por lo que hay un excedente de 1.862 toneladas, que no estaban en el contrato con la empresa de asfaltos. Pero debido a que este producto sigue teniendo valor, ya sea para la empresa de asfaltos en cuestión u otra cualquiera, debemos calcular el beneficio real para 2 juegos de barras y 110 horas de trabajo de la máquina.

Luego, si la media de beneficio del producto está en 1,25 €/tonelada, sabemos que la empresa obtendrá, a posteriori, 2327,5 € más de beneficio, por lo que obtendrá un beneficio total de 14822,5 €

INGRESOS OBTENIDOS POR LA VENTA DE 11.862 TONELADAS:	74.752,5 €
GASTOS GENERADOS EN LA PRODUCCIÓN DE 11.862 TONELADAS:	59.930 €

Por lo tanto el beneficio neto obtenido por la empresa será el resultado de los ingresos menos los gastos.

BENEFICIO NETO OBTENIDO POR LA EMPRESA:	14.822,5 €
---	------------

Podemos comprobar que la venta de las 11.862 toneladas de producto ha sido beneficiosa para la empresa, tan solo en 2 meses de trabajo han obtenido un beneficio de casi 15 mil euros; por lo tanto, el estudio y los cambios realizados han sido de utilidad. La duración de las barras batidoras ha sido mayor que las utilizadas anteriormente por la empresa, por lo que podemos decir que la composición de estas es la adecuada.

**PROYECTO DE OPTIMIZACIÓN
DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN EN UNA PLANTA DE
TRATAMIENTO DE ÁRIDOS**

DOCUMENTO N° 3: PLIEGO DE CONDICIONES

1 OBJETO DEL DOCUMENTO

El pliego de condiciones técnicas reúne todas las normas a seguir para la realización de las actividades de producción y venta que se desarrollan en este proyecto.

Las presentes condiciones técnicas serán de obligado cumplimiento por la empresa ejecutora de la obra y propietaria de las instalaciones, la cual deberá hacer constar que conoce y que se compromete a realizar las actuaciones descritas con estricta sujeción a las mismas, en las condiciones de seguridad y calidad que impone la legislación.

Las actuaciones a realizar son las que quedan reflejadas en los otros documentos del proyecto, tales como: Memoria y estudio económico.

Todos los materiales a emplear en las instalaciones serán de primera calidad y reunirán las condiciones exigidas en las especificaciones generales de índole técnica prevista y demás disposiciones vigentes referentes a materiales.

2 NORMATIVA TÉCNICA

2.1 REGLAMENTOS

Las actuaciones comprendidas en el presente proyecto deberán cumplir especialmente los siguientes reglamentos y normativa técnica:

- Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Normas UNE relacionadas con los ensayos realizados a los áridos (UNE 932, UNE 933, UNE 1097, UNE 1744, UNE 14650, UNE 1367)

2 NORMAS TECNOLÓGICAS.

Simultáneamente, las instalaciones descritas en este proyecto deberán ajustarse a todas las normas tecnológicas que le sean de aplicación.

3 ESPECIFICACIONES DE MATERIAL

Las características de los materiales serán indicadas en los documentos del proyecto.

Los materiales se instalarán y se utilizarán de acuerdo con las recomendaciones de cada fabricante.

Todos los materiales serán de primera calidad.

Antes de la instalación, la empresa presentará a la dirección facultativa catálogos, cartas, muestras, etc. De los distintos materiales a utilizar en la obra.

No podrá emplear materiales sin que, previamente, hayan sido aceptados por la dirección facultativa.

Ese control previo no constituye su recepción definitiva, pudiendo ser rechazados por la dirección de obra, si no cumpliesen con las condiciones exigidas, debiendo ser reemplazados por la empresa por otros que cumplan con calidades exigidas.

Se realizarán cuantos análisis y pruebas se ordenen por parte de la dirección facultativa, aunque éstos no estén indicados en el pliego de condiciones, los cuales se ejecutarán en laboratorios que elija la dirección de obra, siendo los gastos ocasionados por cuenta de la empresa.

Toda la maquinaria y materiales utilizados durante la ejecución de la obra deberán cumplir con las especificaciones de seguridad y legislación para garantizar su uso correcto.

4 MAQUINARIA. NORMAS DE SEGURIDAD APLICABLES EN GENERAL Y A SU MANTENIMIENTO

4.1 CONDICIONES BÁSICAS DE SEGURIDAD

La maquinaria dispondrá de todos los accesorios de prevención establecidos, será manejada por personal especializado, se mantendrá en buen uso, para lo cual se someterá a revisiones periódicas y, en caso de averías y mal funcionamiento se paralizará hasta su reparación.

Los elementos de proyección, tanto personales como colectivos, deberán ser revisados periódicamente para que puedan cumplir eficazmente su función. Toda la maquinaria de elevación, de acuerdo con el Art. 103 de la O.G.S.H.T, estará sometida a un seguro de mantenimiento, cuyo control se llevará a través del libro de mantenimiento.

En el resto de la maquinaria se llevará el mismo tipo de control sobre homologación, inspecciones técnicas (I.T.V), etc.

Además de las prescripciones particulares de este peligro, se cumplirá en cada caso lo especificado en la vigente O.G.S.H.T y O.T.C.V.C, Reglamento de seguridad en las máquinas, etc.

Para lo anteriormente expuesto, se insiste de forma general en los aspectos siguientes, referentes a características, forma de empleo y mantenimiento.

4.2 CONDICIONES GENERALES

Las máquinas o herramientas con trepidación, estarán dotadas de mecanismos de absorción y amortiguación.

Los motores con transmisión a través de eje y poleas dotados de carcasas protectoras antiatrapamientos (machacadoras, sierras, compresores, etc.).

Las carcasas protectoras de seguridad a utilizar, permitirán la visión del objeto protegido (poleas del motor eléctrico, por ejemplo).

Los motores eléctricos estarán cubiertos de carcasas protectoras, eliminadoras del contacto directo con la energía eléctrica. Se prohíbe su funcionamiento sin carcasas o con deterioros importantes en estas.

Se prohíbe la manipulación de cualquier elemento componente de una máquina accionada mediante energía eléctrica, estando conectada a la red de suministro.

Los engranajes de cualquier tipo de accionamiento mecánico, eléctrico o manual, estarán cubiertos por carcasas protectoras antiatrapamientos.

Las máquinas de funcionamiento irregular o que estén averiadas, serán retiradas inmediatamente para su reparación.

Las máquinas averiadas que no se puedan retirar se señalizarán con carteles de aviso con la leyenda: "MÁQUINA AVERIADA, NO CONECTAR".

La misma persona que instale el letrero de aviso de "máquina averiada" será la encargada de retirarlo, en prevención de conexiones o puestas en servicio fuera de control.

Se prohíbe la manipulación y operaciones de ajuste y arreglo de máquinas al personal no especializado específicamente en la máquina objeto de la reparación.

Como precaución adicional para evitar la puesta en servicio de máquinas averiadas de funcionamiento irregular, se bloquearán los arrancadores, o en su caso, se extraerán los fusibles eléctricos.

Para el caso de corte de suministro de energía, se recomienda la protección de las máquinas con un dispositivo automático de desconexión de forma que, al retirarse el suministro, el rearme de la máquina sea necesario para su puesta en servicio.

Sólo el personal autorizado con documentación escrita específica será el encargado de la utilización de una determinada máquina o máquina-herramienta.

Las máquinas que no sean de sustentación manual se apoyarán siempre sobre elementos nivelados firmes.

4.3 MÁQUINAS DE ELEVACIÓN

La elevación o descenso a máquina de objetos se efectuará lentamente, izándolos en directriz vertical. Se prohíben los tirones inclinados.

Los ganchos de cuelgue de los aparatos de izar quedarán libres de cargas durante las fases de descanso.

Las cargas en transporte suspendido estarán siempre a la vista de los maquinistas, gruístas, encargados de montacargas o de ascensor, etc., con el fin de evitar los accidentes por falta de visibilidad de la trayectoria de la carga.

Los ángulos sin visión de la trayectoria de carga para el maquinista, gruísta, se suplirán mediante operarios que, utilizando señales pre-acordadas, suplan la visión del citado trabajador.

Se prohíbe la permanencia o trabajo de operarios en zonas bajo la trayectoria de cargas suspendidas.

Los aparatos de izar a emplear estarán equipados con limitador de recorrido de carro y ganchos.

Los cables de izado y sustentación a emplear en los aparatos de elevación y transporte de cargas, estarán calculados expresamente en función de los solicitados para los que se instala.

La sustitución de cables deteriorados se efectuará mediante mano de obra especializada, siguiendo las instrucciones del fabricante.

Los lazos de los cables estarán siempre protegidos interiormente mediante forrillos guardacabos metálicos, para evitar deformaciones y cizalladuras.

Los cables empleados directa o auxiliariamente para el transporte de cargas suspendidas se inspeccionarán como mínimo una vez a la semana por el vigilante de seguridad, que previa comunicación al jefe de obra, ordenará la sustitución de aquellos que tengan más del 10% de hilos rotos

Los ganchos de sujeción serán de acero provistos de pestillos de seguridad.

Se prohíbe la utilización de enganches artesanales contruidos a base de redondos doblados (según una "s") y doblados.

Los contenedores tendrán señalado visiblemente el nivel máximo de llenado y la carga máxima admisible.

Todos los aparatos de izado de cargas llevarán impresa la carga máxima que pueden soportar.

Todos los aparatos de izar estarán sólidamente fundamentados, apoyados según las normas del fabricante.

Se prohíbe el izado o trasporte de personas en el interior de jaulones, bateas, cubiletes y asimilables.

Todas las máquinas con alimentación a base de energía eléctrica, estarán dotadas de toma de tierra en combinación con los disyuntores diferenciales.

Se prohíbe engrasar cables en movimiento.

Los trabajos de izado, transporte y descenso de cargas suspendidas, quedarán interrumpidos bajo régimen de vientos superiores a los 60 km/h o, en su caso, superiores a los señalados para ello por el fabricante de la máquina.

4.4 MÁQUINAS DE MOVIMIENTO DE TIERRAS

Dispondrá de un maquinista competente y cualificado.

Todos los engranajes y demás partes móviles de la maquinaria deben estar regulados adecuadamente.

Los escalones y escaleras se habrán de conservar en buenas condiciones.

En las máquinas hidráulicas nunca se alterarán los valores de regulación de presión indicados, así como tampoco los precintos de control.

No se tratará de hacer ajustes o reparaciones cuando la máquina esté en movimiento o con el motor funcionando.

No se permitirá emplear la excavadora como grúa.

No se utilizará la cuchara para el transporte de materiales.

Se prohíbe entrar en la cabina a otra persona que no sea el maquinista, mientras está trabajando.

No se bajará de la cabina mientras el embrague general está engranado.

No se abandonará a la máquina cargada y/o la cuchara subida.

No se abandonará la máquina con el motor en marcha.

Se almacenarán los trapos aceitosos y otros materiales combustibles en un lugar seguro.

No se deben almacenar dentro de la cabina de la maquinaria latas de gasolina de repuesto.

Se debe colocar un equipo extintor portátil y un botiquín de primeros auxilios en la máquina, en sitios de fácil acceso. El maquinista debe estar debidamente adiestrado en su uso.

Se dotará a las máquinas de un dispositivo automático de señalización y aviso (para los operarios que trabajen en las inmediaciones) de funcionamiento en marcha atrás, siempre que el conductor de la máquina tenga visibilidad perfecta de la zona a recorrer.